ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01049v1

不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛生产性能、抗氧化性能及营养物质表观消化率的影响

王　建[1]　孙　鹏[1*]　刘　威[1]　卜登攀[1,2,3**]　刘士杰[4]　张开展[5]

（1.中国农业科学院北京畜牧兽医研究所，动物营养国家重点实验室，北京　100193；2. 中国农业科学院与世界农用林业中心农用林业与可持续畜牧业联合实验室，北京　100193；3. 湖南畜产品质量安全协同创新中心，长沙　410128；4.中国饲料工业协会，北京　100125；5. 北京中地种畜有限公司，北京　100028）

摘　要：本试验旨在研究不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛生产性能、抗氧化性能及营养物质表观消化率的影响。试验选取 45 头产奶量、胎次、泌乳日龄相近的健康中国荷斯坦奶牛，随机分成 3 组，每组 15 头。对照组饲喂不添加硒的基础饲粮，无机硒（SS）组饲喂基础饲粮+0.3 mg/kg 亚硒酸钠，有机硒（SO）组饲喂基础饲粮+0.3 mg/kg 蛋氨酸硒羟基类似物。试验期 91 d，其中预试期 7 d，正试期 84 d。结果表明：1）饲粮中添加硒对奶牛的干物质采食量、产奶量及乳成分没有显著影响（P>0.05）。2）与对照组相比，SO 组血清总抗氧化能力和谷胱甘肽过氧化物酶活性显著升高（P<0.05），血清丙二醛含量显著降低（P<0.05），但 SS 组以上指标与对照组没有显著差异（P>0.05）。3）各组中性洗涤纤维、酸性洗涤纤维和干物质的表观消化率差异不显著（P>0.05）。与对照组相比，SO 组有机物、粗蛋白质及粗脂肪的表观消化率显著提高（P<0.05）；SS 组有机物和粗蛋白质的表观消化率提高，但差异不显著（P>0.05）。综上所述，饲粮添加不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛的生产性能没有影响，但与对照组相比，硒添加组的抗氧化性能和营养物质的表观消化率提高，而且 SO 组的效果明显优于 SS 组。

关键词：硒源；奶牛；生产性能；抗氧化性能；营养物质消化率

中图分类号：S823　　　　　文献标识码：　　　　　　文章编号：

收稿日期：2016-09-19

基金项目："十二五"科技支撑计划（2012BAD12B02-5）；中国农业科学院科技创新工程（ASTIP-IAS07）；国家高层次人才特殊支持计划

作者简介：王　建（1990—），女，山东潍坊人，硕士研究生，从事动物营养与饲料科学研究。E-mail: wangjian_1884@163.com

*同等贡献作者

**通信作者：卜登攀，研究员，博士生导师，E-mail: budengpan@126.com

chinaXiv:201711.01049v1

硒最初被列为有毒物质，直到1957年才被认识到是一种人体和动物所必需的营养物质[1]。在动物体内，硒是谷胱甘肽过氧化物酶、5-脱碘酶的必需组成部分，同时又是体内许多蛋白质的组成成分，对动物机体抗氧化、抗应激、提高免疫力等方面起着重要的作用。调查发现，饲料牧草中硒含量低于0.05 μg/g的地区属于缺硒地区，而我国约有2/3的地区属于缺硒地区[2]，因此补硒在我国动物生产上具有重要意义。目前生产中使用较多的是无机硒（SS）[3]，但存在易导致动物中毒[4]、不易被肠道吸收[5]、未被吸收的硒通过粪便排泄造成环境污染等问题，因此有机硒（SO）逐渐成为研究热点。Gong等[3]研究发现，与SS相比，饲粮中添加酵母硒可以显著提高全血和乳中的硒含量，血清中谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）、超氧化物歧化酶（SOD）活性及总抗氧化能力（T-AOC）显著升高。Wang等[6]在奶牛饲粮中添加酵母硒发现，瘤胃中挥发性脂肪酸（VFA）的浓度提高，瘤胃发酵类型改变，乳中硒含量增加，且营养物质消化率提高。可见SO对奶牛的抗氧化能力和营养物质消化率有显著作用。然而，目前研究主要集中于酵母硒，对其他种类的SO研究较少。2003年，欧盟委员会发布了一种新型SO添加剂——蛋氨酸硒羟基类似物（hydroxy-analogue of selenomethionine，HMSeBA）[7]，已证明其可作为有效的硒源补充剂用于猪、鸡饲料中。鉴于其在奶牛生产中的应用研究鲜见报道，作用效果未知，因此，本试验旨在比较研究蛋氨酸硒羟基类似物及亚硒酸钠对泌乳中期奶牛生产性能、抗氧化性能及营养物质表观消化率的影响，为其在奶牛营养中的应用提供理论依据。

1 材料与方法

1.1 试验材料

蛋氨酸硒羟基类似物，硒代蛋氨酸含量为 5%，硒含量为 2%，由安迪苏生命科学制品（上海）有限公司提供；亚硒酸钠，纯度为 44.7%，由河南仓化工产品有限公司提供；预混料（不含硒）由北京三元种业科技股份有限公司饲料分公司提供。

1.2 试验动物与试验设计

试验在北京市顺义区中地种畜良种奶牛科技园进行。试验期 91 d，其中预试期 7 d，正试期 84 d。试验采用完全随机区组设计，选取 45 头产奶量[（28.8±1.2） kg/d]、胎次[（2.15±0.13）]、泌乳日龄[(169±26)]相同或相近的健康中国荷斯坦奶牛，随机分为 3 组，

ChinaXiv合作期刊

chinaXiv:201711.01049v1

每组 15 头。基础饲粮为不添加硒的饲粮，硒含量为 0.019 mg/kg。其中对照组饲喂基础饲粮、SS 组饲喂基础饲粮+0.3 mg/kg 亚硒酸钠、SO 组饲喂基础饲粮+0.3 mg/kg 蛋氨酸硒羟基类似物。

1.3 饲养管理及饲粮

试验牛采用散栏式饲养方式，自由采食和饮水，每天饲喂 3 次（07：30、14：00 和 20：30），挤奶 3 次（07：00、13：30 和 20：00）。蛋氨酸硒羟基类似物和亚硒酸钠每天早上添加，与玉米混合，洒在饲粮表面，保证奶牛进食完全。基础饲粮参照 NRC（2001）配制，以全混合日粮的形式（total mixed ration，TMR）饲喂。基础饲粮组成及营养水平见表 1。

表 1　基础饲粮组成及营养水平（干物质基础）

Table 1　Composition and nutrient levels of the basal diet (dry matter basis)　　%

项目 Items	含量 Content
原料 Ingredients	
苜蓿 Alfalfa hay	12.54
燕麦草 Oat hay	4.21
青贮 Corn silage	18.85
糖蜜 Syrup	1.33
玉米 Corn	7.35
豆粕 Soybean meal	9.71
菜籽粕 Rapeseed meal	1.76
膨化大豆 Extruded soybean	2.40
干酒糟及其可溶物 DDGS	1.81
压片玉米 Flaked corn	18.09
大豆皮 Soybean hull	6.81
全棉籽 Whole cottonseed	8.02
酵母培养物 Yeast culture[1)]	0.63
沸石 Zeolite	0.05
碳酸氢钠 $NaHCO_3$	1.41

石粉 Limestone	1.06
食盐 NaCl	0.39
氧化镁 MgO	0.24
碳酸氢钾 $KHCO_3$	0.92
磷酸氢钙 $CaHPO_4$	0.05
饱和游离脂肪 Saturated free fatty[2)]	1.79
预混料 Premix[3)]	0.58
合计 Total	100.00
营养水平 Nutrient levels[4)]	
泌乳净能 NE_L/（MJ/kg)	7.58
粗脂肪 EE	5.80
粗蛋白质 CP	17.56
中性洗涤纤维 NDF	28.50
酸性洗涤纤维 ADF	18.53
钙 Ca	0.80
磷 P	0.45
灰分 Ash	8.99

1)购自美国达能威公司 Brought from Diamond V Co., USA.

2)购自德国百事美公司 Brought from Berg+Schmidt Co., Germany.

3)预混料为每千克饲粮提供 The premix provided the following per kg of the diet：VA 250 000 IU，VD 65 000，VE 2 100 IU，Fe 400 mg，Cu 540 mg，Zn 2 100 mg，Mn 560 mg，I 35 mg，Co 68 mg。

4)泌乳净能为计算值[根据 NRC（2001）[8]]，其余指标均为实测值。NE_L was a calculated value according to NRC（2001）[8], while other nutrient levels were measured values.

1.4 样品采集与指标测定

1.4.1 采食量

每周连续 3 d 测定 TMR 采食量，同时采用四分法采集饲料样与剩料样，测定干物质（DM）

chinaXiv:201711.01049v1

ChinaXiv合作期刊

含量，从而计算每头牛每天的干物质采食量（DMI）。DM、有机物（OM）、粗蛋白质（CP）、粗脂肪（EE）、中性洗涤纤维（NDF）和酸性洗涤纤维（ADF）含量的测定参照张丽英[9]的方法。

1.4.2 产奶量及乳成分

每天记录每头奶牛的产奶量，每周采集 1 次新鲜奶样，按照早:中:晚=4:3:3 的比例采集奶样 50 mL，加入重铬酸钾防腐剂，立即送往农业部奶及奶制品质量监督检验测试中心（北京），采用乳成分分析仪（MilkoScan™ FT6000）测定乳成分。

1.4.3 血清抗氧化指标

在正试期的第 28、56 和 84 天，晨饲前进行尾静脉采血 30 mL，室温静置 30 min，3 000 ×*g*、4 ℃离心 15 min 后制备血清，保存于-20 ℃冰箱备用。采用南京建成生物工程研究所的试剂盒并严格按照操作说明测定血清的总抗氧化能力（T-AOC）、谷胱甘肽过氧化物酶（GSH-Px）活性、超氧化物歧化酶（SOD）活性及丙二醛（MDA）含量。

1.4.4 营养物质表观消化率

在正试期的第 82、83 和 84 天，采用点收粪方法连续采集粪便，每天间隔 6 h 采集 1 次，每次采集约 200 g 粪便，采样完毕后，缩样至 2 份 500 g 样品，一份立刻置于-20 ℃冰箱保存，另一份加入 10% 6 mol/L HCl 用于测定 CP 含量，混匀后置于-20 ℃冰箱保存。饲粮营养物质的全肠道表观消化率采用内源指示剂法进行检测，酸不溶灰分（AIA）作为内标[10]，计算方法如下：

营养物质表观消化率（%）$=100\times[1-(A_1\times B_2)/(A_2\times B_1)]$。

式中：A_1 代表饲粮中 AIA 的含量；A_2 为粪中 AIA 含量；B_1 为饲粮中该营养物质含量；B_2 为粪中该营养物质含量。

1.5 统计分析

试验数据采用 SAS 9.3 软件 MIXED 模块进行统计分析。统计模型中包含试验牛的随机因素和试验处理的固定因素。采用 Turkey 氏法进行多重比较。$P<0.05$ 表示差异显著，$0.05\le P<0.10$ 表示有差异显著趋势。

2 结果与分析

2.1 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛生产性能的影响

chinaXiv:201711.01049v1

由表 2 可知，在整个试验期间，饲粮中添加不同硒源对奶牛的干物质采食量、产奶量、4%乳脂校正乳、能量校正乳、乳脂率、乳脂产量、乳蛋白率、乳蛋白产量、乳糖率、乳糖产量、总固形物、总固形物产量、非脂固形物及非脂固形物产量均没有显著影响（$P>0.05$）。结果表明，饲粮中添加不同来源硒对奶牛的生产性能没有影响。

表 2　不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛生产性能的影响

Table 2　Effects of different selenium sources on performance of middle lactating Holstein dairy cows

项目 Items	组别 Groups 对照 Control	SS	SO	标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
干物质采食量 DMI/(kg/d)	19.0	19.2	19.4	0.115	0.78
产奶量 Milk yield/(kg/d)	27.38	28.13	28.65	0.367	0.88
4%乳脂校正乳 4%FCM/(kg/d)	26.57	27.48	27.59	0.323	0.88
能量校正乳 ECM/(kg/d)	29.45	30.22	30.54	0.323	0.89
乳脂率 Milk fat percentage/%	3.8	3.78	3.91	0.042	0.90
乳脂产量 Milk fat production/(kg/d)	1.07	1.07	1.04	0.011	0.93
乳蛋白率 Milk protein percentage/%	3.31	3.25	3.36	0.032	0.54
乳蛋白产量 Milk protein production/(kg/d)	0.95	0.92	0.92	0.010	0.89
乳糖率 Milk lactose percentage/%	4.84	4.83	4.82	0.006	0.99
乳糖产量 Milk lactose production/(kg/d)	1.41	1.39	1.34	0.020	0.88
总固形物 Total solids percentage/%	12.45	12.44	12.61	0.056	0.85
总固形物产量 Total solids production/(kg/d)	3.57	3.54	3.44	0.040	0.89
非脂固形物 Solids-not fat percentage/%	8.91	8.82	8.94	0.037	0.68
非脂固形物产量 Solids-not fat production/(kg/d)	2.58	2.51	2.47	0.032	0.89

同行无字母或数据肩标相同小写字母表示差异不显著（$P>0.05$），不同小写字母表示差异显著（$P<0.05$）。下表同。

chinaXiv:201711.01049v1

In the same row, values with no letter or the same small letter superscripts mean no significant difference (P＞0.05), while with different small letter superscripts mean significant difference (P＜ 0.05). The same as below.

2.2 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛抗氧化性能的影响

由表 3 可知，饲粮中添加不同硒源对血清 SOD 活性没有显著影响（P>0.05）。与对照组相比，SS 组和 SO 组血清 T-AOC 均升高，其中 SO 组显著高于对照组（P<0.05），而 SS 组与对照组差异不显著（P>0.05）。SO 组血清 GSH-Px 活性显著高于对照组（P<0.05），而 SS 组血清 GSH-Px 活性与对照组没有显著差异（P>0.05）。此外，SO 组血清 MDA 含量显著低于对照组（P<0.05），但 SS 组血清 MDA 含量与对照组没有显著差异（P>0.05）。结果表明，饲粮中添加不同硒源可以提高奶牛的抗氧化性能，且蛋氨酸硒羟基类似物的效果优于亚硒酸钠。

表 3　不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛抗氧化性能的影响

Table 3　Effects of different selenium sources on antioxidant performance of middle lactating Holstein dairy cows

项目 Items	组别 Groups			标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
	对照 Control	SS	SO		
总抗氧化能力 T-AOC/（U/mL）	1.78^{b}	2.18^{ab}	2.26^{a}	0.150	0.01
谷胱甘肽过氧化物酶 GSH-Px/（U/mL）	107.85^{b}	115.80^{b}	123.06^{a}	4.392	<0.01
超氧化物歧化酶 SOD/（U/mL）	118.13	126.32	122.07	2.364	0.87
丙二醛 MDA/（nmol/mL）	6.80^{a}	5.85^{a}	5.49^{b}	0.393	<0.01

2.3 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛营养物质表观消化率的影响

由表 4 可知，对照组、SS 组和 SO 组之间的 NDF、ADF 和 DM 的表观消化率差异不显著（P>0.05），但是 DM 的表观消化率有差异显著趋势（P=0.09）。与对照组相比，SO 组可以显著提高 OM、CP 及 EE 的表观消化率（P<0.05），而 SS 组也可以提高 OM 和 CP 的表观消化率，但与对照组没有显著差异（P>0.05）。

表 4　不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛营养物质表观消化率的影响

chinaXiv:201711.01049v1

chinaXiv:201711.01049v1

Table 4　Effects of different selenium sources on nutrient apparent digestibility of middle lactating Holstein dairy cows　　　%

项目 Items	组别 Groups			标准误 SEM	*P* 值 *P*-value
	对照 Control	SS	SO		
干物质 DM	62.94	64.57	66.56	1.047	0.09
有机物 OM	63.35[b]	65.11[ab]	67.04[a]	1.063	0.03
粗蛋白质 CP	63.92[b]	65.01[ab]	67.08[a]	0.927	0.03
粗脂肪 EE	81.73[b]	86.91[a]	89.33[a]	2.242	＜0.01
中性洗涤纤维 NDF	45.85	47.27	47.82	0.585	0.33
酸性洗涤纤维 ADF	42.41	43.32	44.66	0.655	0.71

3 讨　论

3.1 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛生产性能的影响

作为动物体的必需微量元素，饲粮中添加硒对奶牛生产性能影响的报道不尽相同。本试验结果表明，饲粮中添加不同硒源对奶牛的生产性能没有影响，与 Juniper 等[11]和 Heard 等[12]的研究结果一致。此外，研究还发现硒源[13-14]及添加剂量[14]对奶牛的产奶量及乳脂、乳蛋白、乳糖含量及产量均无影响。以上试验结果说明，蛋氨酸硒羟基类似物与前人研究的 SO 作用效果一致，对奶牛生产性能没有影响，并且与亚硒酸钠没有显著差异。但也有研究发现饲粮中不添加硒可导致奶牛产奶量降低[15]，这可能与饲粮自身的实际硒含量有关，若饲粮自身硒含量低于奶牛的生产需要量，补硒可以满足奶牛对硒的利用从而提高生产性能，不补硒则导致生产性能下降，另外也可能与奶牛本身对硒的利用率有关。

3.2 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛抗氧化性能的影响

由于的奶牛的生理状态、外在环境、健康状况及饲粮组成等多种因素，都可能造成奶牛的氧化应激[16]，氧化应激时机体的生理状态和代谢状态发生异常，对奶牛的健康具有负面影响[17]，可以导致奶牛的多种慢性疾病[18]。血清中的抗氧化指示物如T-AOC、GSH-Px和SOD等，以及氧化状态血清指标如MDA都可以反映奶牛的氧化应激状态。

GSH-Px是生物体内一种广泛存在的抗氧化含硒酶，硒作为GSH-Px的活性中心，与其发

挥活性有直接关系。GSH-Px可以通过清除过氧化氢（H_2O_2）减少羟基自由基（OH•）产生，并将过氧基（ROOH）还原成相应的羟基（ROH），从而减轻细胞膜多不饱和脂肪酸过氧化作用，以及ROOH分解产物引起的细胞损伤[19]。研究发现，与SS相比，饲粮中添加酵母硒可以显著提高奶牛全血和血细胞中GSH-Px的活性[11,20-21]。本试验发现，与对照组和SS组相比，SO组可以显著提高血清中GSH-Px的活性，与上述研究结果一致，表明饲粮添加蛋氨酸硒羟基类似物可以促进机体清除自由基，提高血清GSH-Px活性。

T-AOC是衡量机体抗氧化系统功能状况的综合性指标，它可以反映机体对外来刺激的代偿能力[22]。过氧化氢酶（CAT）可以催化H_2O_2分解为H_2O和O_2，其活性的高低反映机体脂质过氧化的程度，从而反映细胞损伤的程度[23]，而SOD的活性可以反映机体清除自由基的程度，防止自由基对细胞膜的损害[23]。Gong等[3]研究表明，与SS相比，奶牛饲粮中添加SO显著提高了血清T-AOC，显著降低了血清中MDA的含量，并且血清SOD活性有增加的趋势，Xu等[24]、Luo等[25]、Ahmad等[26]和Cao等[27]在奶牛、断奶仔猪和鸡上也得出了相同的研究结果。本试验结果表明，与对照组相比，饲粮添加蛋氨酸硒羟基类似物可以显著提高血清T-AOC，同时显著降低血清中MDA的含量。与SS组相比，SO组可以显著降低血清MDA含量，此外，还可以提高血清T-AOC，但是与SS组差异不显著。说明饲粮中添加硒提高了机体的抗氧化能力，降低了氧化应激对机体的损害，且在本试验条件下蛋氨酸硒羟基类似物的抗氧化效果显著优于亚硒酸钠。SO组抗氧化能力高于SS组的原因之一可能是，SO比SS更易被肠道吸收[28]，且生物利用率高[29]，使得SO组血清中硒含量高于SS组。

3.3 不同硒源对泌乳中期荷斯坦奶牛营养物质表观消化率的影响

研究报道，微量元素可以增加奶牛瘤胃中一些菌群和纤毛虫的数量，进而使得瘤胃消化能力增强，这也可能是添加硒能增加反刍动物营养物质消化能力的原因之一[30]。本试验发现，与对照组相比，SO组的OM、CP和EE消化率显著升高，DM的消化率有显著增加的趋势，NDF、ADF的消化率增加但差异不显著，与Wang等[6]研究结果相似。Shi等[31]在绵羊上也有相同发现，当饲粮中添加0.3 g/kg纳米硒，营养物质的表观消化率显著高于不添加硒的对照组，说明添加SO可以提高营养物质的消化率，这可能与SO促进奶牛瘤胃发酵有关，但是不同学者的研究结果不尽相同，这可能与试验用SO的种类不同有关。研究发现，硒缺乏导致雏鸡[32]、大鼠[33]、猪[34]等的蛋白质水解酶活性下降，这也可能是硒添加组CP表观消化率增

chinaXiv:201711.01049v1

加的原因。

本试验发现，与SS组相比，SO组的营养物质表观消化率均有不同程度地提高，但是与SS组没有显著差异。张丽娟等[30]研究发现，与添加亚硒酸钠组相比，添加酵母硒组可以显著提高奶牛对CP、NDF、ADF的表观消化率，OM、EE的表观消化率有所提高但差异不显著。虽然添加硒对某种营养物质的消化率结果不尽相同，但总体来说SO比SS更能提高泌乳奶牛营养物质的表观消化率，造成差异的原因可能是SO的吸收途径不同于SS，吸收能力更强，使得SS组的消化能力更好。

4．结论

① 饲粮中添加 0.3 mg Se/kg 的蛋氨酸硒羟基类似物和亚硒酸钠对泌乳中期荷斯坦奶牛的 DMI、产奶量及乳成分没有显著影响。

② 本研究所采用的 2 种硒源均可以提高泌乳奶牛的抗氧化性能和营养物质表观消化率，其中蛋氨酸硒羟基类似物的效果更好。

参考文献：

[1] SCHWARZ K,MOLTZ C M.Selenium as an integral part of factor 3 against dietary necrotic liver degeneration[J].Journal of the American Chemical Society,1957,79(12):3292–3293.

[2] 中国农业科学院畜牧研究所,中国农业科学院区划研究所.中国饲料、牧草中含硒量分布图[M].北京:中国农业科技出版杜,1985.

[3] GONG J,NI L L,WANG D F,et al.Effect of dietary organic selenium on milk selenium concentration and antioxidant and immune status in midlactation dairy cows[J].Livestock Science,2014,170:84–90.

[4] DUNTAS L H,BENVENGA S.Selenium:an element for life[J].Endocrine,2015,48(3):756–775.

[5] BOLDIŽÁROVÁ K,GREŠÁKOVÁ L,FAIX Š,et al.Antioxidant status of lambs fed on diets supplemented with selenite or Se-yeast[J].Journal of Animal and Feed Sciences,2005,14(2):245–253.

[6] WANG C,LIU Q,YANG W Z,et al.Effects of selenium yeast on rumen fermentation,lactation performance and feed digestibilities in lactating dairy cows[J].Livestock

chinaXiv:201711.01049v1

ChinaXiv合作期刊

Science,2009,126(1/2/3):239–244.

[7] EFSA Panel on Additives,Products or Substances Used in Animal Feed.Scientific opinion on safety and efficacy of hydroxy-analogue of selenomethionine as feed additive for all species[J].EFSA Journal,2013,11(1):3046.

[8] NRC.Nutrient requirements of dairy cattle[S].7th Rev. ed.Washington,D.C.:National Academy Press,2001.

[9] 张丽英.饲料分析及饲料质量检测技术[M].北京:中国农业大学出版社,2003.

[10] VAN KEULEN J,YOUNG B A.Evaluation of acid-insoluble ash as a natural marker in ruminant digestibility studies[J].Journal of Animal Science,1977,44(2):282–287.

[11] JUNIPER D T,PHIPPS R H,JONES A K,et al.Selenium supplementation of lactating dairy cows:Effect on selenium concentration in blood,milk,urine,and Feces[J].Journal of Dairy Science,2006,89(9):3544–3551.

[12] HEARD J W,STOCKDALE C R,WALKER G P,et al.Increasing selenium concentration in milk:effects of amount of selenium from yeast and cereal grain supplements[J].Journal of Dairy Science,2007,90(9):4117–4127.

[13] SALMAN S,DINSE D,KHOL-PARISINI A,et al.Colostrum and milk selenium,antioxidative capacity and immune status of dairy cows fed sodium selenite or selenium yeast[J].Archives of Animal Nutrition,2013,67(1):48–61.

[14] RAN L W,WU X S,SHEN X Z,et al.Effects of selenium form on blood and milk selenium concentrations,milk component and milk fatty acid composition in dairy cows[J].Journal of the Science of Food and Agriculture,2010,90(13):2214–2219.

[15] GRACE N D,LEE J,MILLS R A,et al.Influence of Se status on milk Se concentrations in dairy cows[J].New Zealand Journal of Agricultural Research,1997,40(1):75–78.

[16] 黄华波,禹善秋.奶牛氧化应激与抗氧化的研究进展[J].北方牧业,2015(5):18–19.

[17] ABUELO A,HERNÁNDEZ J,BENEDITO J L,et al.The importance of the oxidative status of dairy cattle in the periparturient period:revisiting antioxidant supplementation[J].Journal of Animal Physiology and Animal Nutrition,2015,99(6):1003–1016.

chinaXiv:201711.01049v1

ChinaXiv合作期刊

[18] BICALHO M L S,LIMA F S,GANDA E K,et al.Effect of trace mineral supplementation on selected minerals,energy metabolites,oxidative stress,and immune parameters and its association with uterine diseases in dairy cattle[J].Journal of Dairy Science,2014,97(7):4281–4295.

[19] 黄志坚,林藩平,邱承亮,等.不同硒源对奶牛抗氧化能力和免疫功能的影响[J].湖南农业大学学报:自然科学版,2003,29(专辑):16–20.

[20] PHIPPS R H,GRANDISON A S,JONES A K,et al.Selenium supplementation of lactating dairy cows:effects on milk production and total selenium content and speciation in blood,milk and cheese[J].Animal,2008,2(11):1610–1618.

[21] WEISS W P.Selenium nutrition of dairy cows:comparing responses to organic and inorganic selenium forms[M]//LYONS T P, JACQUES K A.Nutritional Biotechnology in the Feed and Food Industries:Proc Alltech's 19th Annu Symp.Nottingham:Nottingham University Press,2003.

[22] 辛杭书,雒国斌,赵洪波,等.日粮中添加不同水平的酵母硒对围产后期奶牛抗氧化能力和免疫机能的影响[J].中国农业大学学报,2011,16(4):95–101.

[23] 毕宇霖,万发春,姜淑贞,等.β-胡萝卜素对肉牛生产性能、抗氧化功能、血液生理指标和肉品质的影响[J].动物营养学报,2014,26(5):1214–1220.

[24] XU Z Y,ZHANG L J,HAN J W.Effects of Se-yeast in dairy ration on somatic cell and anti-oxidation performance[J].The Journal of Animal Nutrition,2007,19(6):753–757.

[25] LUO G B,ZHAO H B,WEN Q N,et al.Effects of se-yeast in prepatrum dairy ration on blood se contents and anti-oxidant capacity[J].China Feed,2010(16):34–36.

[26] AHMAD H,TIAN J K,WANG J J,et al.Effects of dietary sodium selenite and selenium yeast on antioxidant enzyme activities and oxidative stability of chicken breast meat[J].Journal of Agricultural and Food Chemistry,2012,60(29):7111–7120.

[27] CAO J,GUO F C,ZHANG L Y,et al.Effects of dietary Selenomethionine supplementation on growth performance,antioxidant status,plasma selenium concentration,and immune function in weaning pigs[J].Journal of Animal Science and Biotechnology,2014,5:46.

chinaXiv:201711.01049v1

ChinaXiv合作期刊

[28] WEISS W P,HOGAN J S.Effect of selenium source on selenium status,neutrophil function,and response to intramammary endotoxin challenge of dairy cows[J].Journal of Dairy Science,2005,88(12):4366–4374.

[29] DOUCHA J,L ÍVANSKÝ L,KOTRBÁČEK V,et al.Production of *Chlorella biomas*s enriched by selenium and its use in animal nutrition:a review[J].Applied Microbiology and Biotechnology,2009,83(6):1001–1008.

[30] 张丽娟,姚鹃,谭斌,等.奶牛日粮中不同水平酵母硒对表观消化率的影响[J].中国畜牧兽医,2007,34(8):66–68.

[31] SHI LG,XUN W J,YUE W B,et al.Effect of elemental nano-selenium on feed digestibility,rumen fermentation,and purine derivatives in sheep[J].Animal Feed Science and Technology,2011,163(2/3/4):136–142.

[32] THOMPSON J N,SCOTT M L.Impaired lipid and vitamin E absorption related to atrophy of the pancreas in selenium-deficient chicks[J].The Journal of Nutrition,1970,100(7):797–809.

[33] EWAN R C.Effect of selenium on rat growth,growth hormone and diet utilization[J].The Journal of Nutrition,1976,106(5):702–709.

[34] CHAUDHARY M,GARG A K,MITTAL G K,et al.Effect of organic selenium supplementation on growth,Se uptake,and nutrient utilization in guinea pigs[J].Biological Trace Element Research,2010,133(2):217–226.

chinaXiv:201711.01049v1

Effects of Difference Selenium Sources on Performance, Antioxidant Performance and Nutrient Apparent Digestibility of Middle Lactating Holstein Dairy Cows

WANG Jian[1] SUN Peng[1*] LIU Wei[1] BU Dengpan[1,2,3**] LIU Shijie[4] ZHANG Kaizhan[5]

（1. *State Key Laboratory of Animal Nutrition, Institute of Animal Science, Chinese Academy of Agricultural Sciences, Beijing* 100193, *China*; 2. *Chinese Academy of Agricultural Sciences* and World Agroforestry *Center Joint Lab on Agroforestry and Sustainable Animal Husbandry*, 100081 *Beijing*; 3. *Hunan Co-Innovation Center of Animal Production Safety, Hunan* 410128, *China*; 4.

ChinaXiv合作期刊

China Feed Industry Association, Beijing 100125, *China*; 5. *Beijing Sino Farm Co. Ltd., Beijing* 100028, *China*）

Abstract: The objective of this study was to evaluate the difference selenium sources on performance, antioxidant performance and nutrient apparent digestibility of middle lactating Holstein dairy cows. Forty five healthy Holstein dairy cows with similar milk yield, parity and days in milk were randomly assigned to three groups with 15 cows per group. Cows in the control group were fed a basal diet without selenium supplementation, cows in the inorganic selenium (SS) group were fed the basal diet+0.3 mg/kg sodium selenite, and the others in the organic selenium (SO) group were fed the basal diet+0.3 mg/kg hydroxy-analogue of selenomethionine (HMSeBA). The experiment lasted for 91 days with a pretrial period of 7 days and a experimental period of 84 days. The results showed as follows: 1) dietary supplementation of selenium did not influence dry matter intake, milk yield and milk composition (P>0.05). 2) Compared with the control group, the serum total antioxidant capacity and glutathione peroxides activity of SO group were significantly improved (P<0.05), and the serum malondialdehyde content was significantly decreased (P<0.05), however, there were no differences on the above indices between control group and SS group (P>0.05). 3) There were no differences on the apparent digestibility of neutral detergent fiber, acid detergent fiber and dry matter among all groups (P>0.05). Compared with the control group, the apparent digestibility of organic matter, crude protein and ether extract of SO group was significantly increased (P<0.05), besides, the apparent digestibility of organic matter and crude protein of SS group was increased (P>0.05). These results indicate that dietary supplemented with difference selenium sources do not influence the performance middle lactating Holstein dairy cows. However, compared with the control group, the antioxidant performance and nutrient apparent digestibility are improve by supplementation of selenium, and the effect of SO group is better than that of SS group.

Key words: selenium sources, dairy cows, performance, antioxidant performance, nutrient apparent digestibility

---

*Contributed equally

**Corresponding author, professor, E-mail: budengpan@126.com （责任编辑　武海龙）

chinaXiv:201711.01049v1